

PAT-NO: JP411338124A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11338124 A

TITLE: METHOD AND DEVICE FOR
DETECTING DEFECT SHAPE, AND METHOD
AND DEVICE FOR
CORRECTING DEFECT BY USING THEM

PUBN-DATE: December 10, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SHISHIDO, HIROAKI

N/A

NAKADA, TOSHIHIKO

N/A

SHIMASE, AKIRA

N/A

AZUMA, JUNZO

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

HITACHI LTD

N/A

APPL-NO: JP10145413

APPL-DATE: May 27, 1998

INT-CL (IPC): G03F001/08, G01B011/24 ,
G01B011/30 , G01N021/88 , H01L021/66

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately correct irregular defects which are hardly corrected by conventional techniques by measuring the three-dimensional shape distribution of defects produced in a phase shift reticle or the like by using a high resolution optical measuring device, and correcting the defects with high accuracy corresponding to the material and shape of the defects.

SOLUTION: The shape of optically transparent defects on a substrate is measured by irradiating the substrate with light having different wavelengths, relatively moving the irradiating light and the substrate, detecting the reflected light or transmitted light reflected or transmitted by the substrate to obtain a heterodyne interference of the detected reflected light or transmitted light. First, defects are detected by a defect inspecting device or inspecting device 901 of foreign matter. The detected result (such as the coordinate data, stage coordinate) 903 is used to determine the shape of the

defect by the defect shape measuring device 902. The detection of defects and measurement of defects are carried out by the respective devices. The obtd. defect shape data 904 are sent to a defect correcting device 905 and corrected.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-338124

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	S
			A
			T
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	D
11/30		11/30	H

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-145413

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月27日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 矢戸 弘明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 嶋瀬 朗

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

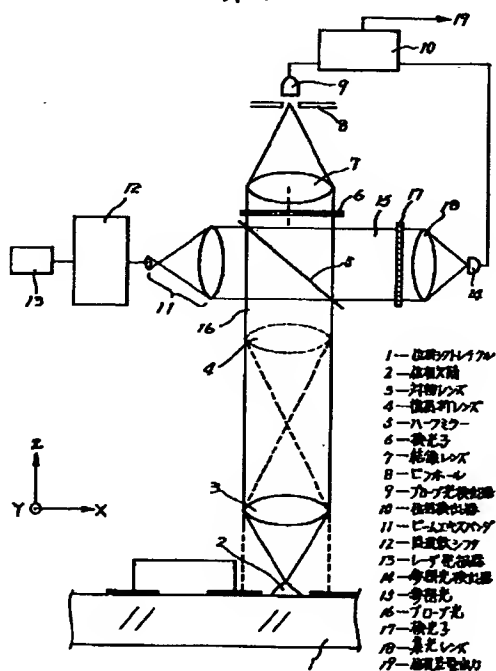
(54) 【発明の名称】 欠陥形状検出方法及びその装置ならびにそれを用いた欠陥修正方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】位相シフトレチクル上に発生した不定形状の欠陥を高精度に修正し、高品質な位相シフトレチクルを提供する。

【解決手段】光学的に透明な基板上的に光学的に透明な欠陥の形状を測定する方法およびその装置において、基板に異なる波長を有する照明光を照射し、基板と照射する照明光とを相対的に移動させながら基板で反射した照明光の反射光または基板を透過した透過光を検出し、この検出した反射光または透過光のヘテロダイン干渉干渉に基づいて基板上的に光学的に透明な欠陥の形状を測定するようにした。また、光学的に透明な基板上的に光学的に透明な欠陥を第1の解像度で検出し、この検出した基板上的欠陥の形状を第1の解像度より高い第2の解像度で測定し、この第2の解像度で測定した基板上的欠陥の位置と形状の情報に基づいて欠陥を修正することを特徴とする欠陥修正方法およびその装置とした。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する方法であって、前記基板上に異なる波長を有する照明光を照射し、前記基板と前記照射する照明光とを相対的に移動させながら前記基板で反射した前記照明光の反射光または前記基板を透過した透過光を検出し、該検出した反射光または透過光のヘテロダイン干渉干渉に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする欠陥形状検出方法。

【請求項2】前記異なる波長を有する照明光が異なる二つの波長の光であって、前記基板上での前記異なる二つの波長の光の照射領域の大きさが異なることを特徴とする請求項1記載の欠陥形状検出方法。

【請求項3】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する方法であって、前記基板上に所定の波長の照明光を照射し、前記基板と前記照射する照明光とを相対的に移動させながら前記基板で反射した前記照明光の反射光または前記基板を透過した透過光を検出し、該検出した反射光または透過光の明暗のレベルに応じた検出信号に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする欠陥形状検出方法。

【請求項4】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置であって、前記基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、該載置手段に載置された前記試料に異なる波長を有する照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記基板で反射する前記照明光の反射光のヘテロダイン干渉を検出する検出手段と、前記載置手段により前記基板を該基板に照射される前記照明光に対して移動させながら前記検出手段で検出した前記基板から反射する前記照明光の反射光の検出信号に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えたことを特徴とする欠陥形状検出装置。

【請求項5】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置であって、前記基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、該載置手段に載置された前記試料に異なる波長を有する照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記基板を透過した前記照明光の透過光のヘテロダイン干渉を検出する検出手段と、前記載置手段により前記基板を該基板に照射される前記照明光に対して移動させながら前記検出手段で検出した前記基板を透過した透過光の検出信号に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えたことを特徴とする欠陥形状検出装置。

【請求項6】前記照射手段は、前記試料上での照射領域の大きさの異なる二つの波長の光を前記試料に照射することを特徴とする請求項4または5に記載の欠陥形状検出装置。

【請求項7】前記検出手段は、前記基板の厚さに応じた

前記透過光の光路長を補正する光路長補正部を有することを特徴とする請求項5記載の形状欠陥検出装置。

【請求項8】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置であって、前記基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、該載置手段に載置された前記試料に照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記基板で反射した前記照明光の反射光を検出する検出手段と、前記載置手段により前記基板を該基板に照射される前記照明光に対して移動させながら前記検出手段で検出した前記基板からの反射光の明暗レベルを検出した検出信号に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えたことを特徴とする欠陥形状検出装置。

【請求項9】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置であって、前記基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、該載置手段に載置された前記試料に照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記基板を透過した前記照明光の透過光を検出する検出手段と、前記載置手段により前記基板を該基板に照射される前記照明光に対して移動させながら前記検出手段で検出した前記基板を透過した透過光の明暗レベルを検出した検出信号に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えたことを特徴とする欠陥形状検出装置。

【請求項10】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥を第1の解像度で検出し、該検出した前記基板上の欠陥の形状を前記第1の解像度より高い第2の解像度で測定し、該第2の解像度で測定した前記基板上の欠陥の位置と形状の情報に基づいて前記欠陥を修正することを特徴とする欠陥修正方法。

【請求項11】光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥を第1の解像度で検出し、該検出した前記基板上の欠陥の形状を前記第1の解像度より高い第2の解像度で測定し、前記検出した欠陥の材質を分析し、前記第2の解像度で測定した前記基板上の欠陥の位置と形状の情報および前記分析した前記欠陥の材質の情報とに基づいて前記欠陥を修正することを特徴とする欠陥修正方法。

【請求項12】前記欠陥の形状を、前記基板を照明光で照明して基板で反射した反射光のヘテロダイン干渉に基づいて測定することを特徴とする請求項11記載の欠陥修正方法。

【請求項13】前記欠陥の形状を、前記基板を照明光で照明して基板を透過した透過光のヘテロダイン干渉に基づいて測定することを特徴とする請求項11記載の欠陥修正方法。

【請求項14】前記欠陥の修正を、集束イオンビームを用いて行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の欠陥修正方法。

【請求項15】前記欠陥の材質の分析を、前記欠陥の質量分析により行うことを特徴とする請求項11記載の欠

陥修正方法。

【請求項16】試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で検出した前記試料上の欠陥の形状を前記欠陥検出手段より高い解像度で測定する欠陥形状測定手段と、前記欠陥形状測定手段からの情報に基づいて前記欠陥を修正する欠陥修正手段とを備えたことを特徴とする欠陥修正装置。

【請求項17】試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で検出した前記試料上の欠陥の形状を前記欠陥検出手段より高い解像度で測定する欠陥形状測定手段と、前記欠陥検出手段からの情報に基づいて前記欠陥の材質を分析する分析手段と、前記欠陥形状測定手段と前記分析手段とからの情報に基づいて前記欠陥を修正する欠陥修正手段とを備えたことを特徴とする欠陥修正装置。

【請求項18】前記試料が光学的に透明な基板であって、前記欠陥が前記基板と同じ光学的に透明な材質であり、前記欠陥形状測定手段は、前記試料を照明する照明部と、該照明部の照明による前記基板からの反射光及び前記欠陥からの反射光を検出する反射光検出部と、該反射光検出部で検出した反射光に基づいて前記基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする請求項16又は17に記載の欠陥修正装置。

【請求項19】前記試料が光学的に透明な基板であって、前記欠陥が前記基板と同じ光学的に透明な材質であり、前記欠陥形状検出手段は、ヘテロダイン干渉を用いて前記光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする請求項16又は17に記載の欠陥修正装置。

【請求項20】前記試料が光学的に透明な基板であって、前記欠陥が前記基板と同じ光学的に透明な材質であり、前記欠陥形状検出手段は、前記基板に照明光を照射して、前記基板を透過した光と前記基板で反射した光とを検出して前記光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする請求項16又は17に記載の欠陥修正装置。

【請求項21】前記欠陥修正手段が、集束イオンビームを用いた修正手段であることを特徴とする請求項16又は17に記載の欠陥修正装置。

【請求項22】前記分析手段が、質量分析計を備えていることを特徴とする請求項17に記載の欠陥修正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レチクルやホトマスク等（以下レチクル等という）上に発生した欠陥を修正する技術に係り、特に、位相シフトレチクルで発生する透明な位相欠陥の欠陥形状を検出する方法およびその装置ならびにそれを用いた欠陥修正方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI或いはプリント基板などを製造す

るのに使用されるレチクル等のホトマスクの製造工程において嚴重に欠陥検査され、欠陥を修正した後に出荷される。これは、レチクル等のホトマスク上にたとえばミクロンオーダーの微小欠陥が存在している場合においても、該欠陥により前記レチクル等のホトマスクの回路パターンがウェハに正常に転写しないことから、LSIチップ全数が不良になる問題があるためである。この問題は、最近のLSIの高集積化に伴い一層顕在化し、より微小のサブミクロンオーダーあるいはそれ以下のディープサブミクロンオーダー欠陥の存在も許容されなくなっている。近年、クロム等の金属薄膜で形成されたレチクル上の回路パターンの転写解像度の向上を目的として、レチクル上の回路パターン間に位相シフト膜、あるいは位相シフトと呼ばれる透明または半透明薄膜（概ね露光光源の波長の1/2の奇数倍の光路長となる膜厚を有する）を設けたレチクル（位相シフトレチクル）が使用されている。

【0003】レチクル等のホトマスク等の回路パターンの形成工程では、数個の欠陥が発生することは良くあることであり、そのため、欠陥の検出と修正は必ず行われるプロセスである。

【0004】金属薄膜による遮光膜の場合には、不足欠陥をFIB（収束イオンビーム）によるCVD等により遮光物を堆積させることにより、修正する技術が確立されている。

【0005】また、余剰欠陥の場合には、さらに簡単に、レーザまたはFIB等のエネルギービームを照射し、基材である石英と欠陥との材質（金属）の差を利用し、多めのエネルギーを照射し、金属からなる（熱に弱い）欠陥部分を蒸発、除去する技術が以前から確立されている。

【0006】また、位相シフトレチクル上の位相シフトの欠陥に対しても、完全に不足している欠陥や、回路パターンと同様な形状で余剰となっている欠陥に対しては、ガスアシストを併用したFIBによる修正技術が考案されている（例えば特開平4-288542号公報）。

【0007】また、位相シフトの膜の形成具合をある程度大きな面積（数ミクロン程度）で検査する技術として、特開平6-174550号、特開平6-130653号、特開平7-128842号、特開平6-331321号等の公報に、光干渉技術を用いた位相シフトの膜厚測定技術として示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】位相シフトレチクル上のシフトパターンで発生する欠陥の特徴として、基材と材質が同じことがある。このため、材質の差を利用したエネルギービームによる修正はできない。

【0009】また、FIBのガスアシストによる修正を余剰欠陥に対して行う場合でも、基板部分を削ることな

く、余剰欠陥のみを除去することが求められる。このためには、修正量を余剰欠陥の形状(厚み)に合わせて制御する必要がある。一般に、余剰欠陥は、位相シフトを形成する際に、プロセスの不具合により本来位相シフトが形成されない部分に対してその一部が残留してしまったものが多く、このため、形状(厚み)は不定形となり、また、その材質も位相シフトおよび基材と同じものであることが多い。

【0010】FIBは、加工手段としてだけでなく、試料から発生する2次電子を観察することにより、高解像な観察手段としても使うことができる。従って、2次電子の発生が異なる物質から構成された欠陥を修正するには、FIB自身で観察を行いながら、修正を行えば、精度良い修正が可能となる。しかし、位相シフトの欠陥は、基本的に基材と同じ材質のため、FIBによる観察ができない。このため、他の手段により、欠陥の形状を高分解(具体的には平面方向にはサブミクロン以下、高さ方向には数十ナノメートル以下)で測定し、測定結果に基づいた修正量の制御を行うことが必要となる。

【0011】本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決し、位相シフトレチクル等の回路パターンを有する基板上に発生した欠陥の修正を高精度に行う技術を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する方法において、基板に異なる波長を有する照明光を照射し、基板と照射する照明光とを相対的に移動させながら基板で反射した照明光の反射光または基板を透過した透過光を検出し、この検出した反射光または透過光のヘテロダイン干渉干渉に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定するようにした。

【0013】そして、この方法は、異なる波長を有する照明光が異なる二つの波長の光であって、基板上での異なる二つの波長の光の照射領域の大きさが異なることを特徴とする。

【0014】また、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する方法において、基板に所定の波長の照明光を照射し、基板と照射する照明光とを相対的に移動させながら基板で反射した照明光の反射光または基板を透過した透過光を検出し、この検出した反射光または透過光の明暗のレベルに応じた検出信号に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定するようにした。

【0015】さらに、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置を、基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、この載置手段に載置された試料に異なる波長を有する照明光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されて基

板で反射する照明光の反射光のヘテロダイン干渉を検出する検出手段と、載置手段により基板をこの基板に照射される照明光に対して移動させながら検出手段で検出した基板から反射する照明光の反射光の検出信号に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えて構成した。

【0016】また、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置を、基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、この載置手段に載置された試料に異なる波長を有する照明光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されて基板を透過した照明光の透過光のヘテロダイン干渉を検出する検出手段と、載置手段により基板をこの基板に照射される照明光に対して移動させながら検出手段で検出した基板を透過した透過光の検出信号に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えて構成した。

【0017】そして、この欠陥の形状を測定する装置は、照射手段が、試料上での照射領域の大きさの異なる二つの波長の光を試料に照射することを特徴とする。

【0018】また、この欠陥の形状を測定する装置は、検出手段が、基板の厚さに応じた透過光の光路長を補正する光路長補正部を有することを特徴とする。

【0019】また、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置を、基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、この載置手段に載置された試料に照明光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されて基板で反射した照明光の反射光を検出する検出手段と、載置手段により基板をこの基板に照射される照明光に対して移動させながら検出手段で検出した基板からの反射光の明暗レベルを検出した検出信号に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えて構成した。

【0020】また、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する装置を、基板を載置してXY平面内で移動可能な載置手段と、この載置手段に載置された試料に照明光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されて基板を透過した照明光の透過光を検出する検出手段と、載置手段により基板をこの基板に照射される照明光に対して移動させながら検出手段で検出した基板を透過した透過光の明暗レベルを検出した検出信号に基づいて基板上の光学的に透明な欠陥の形状を測定する欠陥測定手段とを備えて構成した。

【0021】また、本発明では、光学的に透明な基板上の光学的に透明な欠陥を第1の解像度で検出し、この検出した基板上の欠陥の形状を第1の解像度より高い第2の解像度で測定し、この第2の解像度で測定した基板上の欠陥の位置と形状の情報に基づいて欠陥を修正することを特徴とする欠陥修正方法とした。

【0022】また、本発明では、光学的に透明な基板上

の光学的に透明な欠陥を第1の解像度で検出し、この検出した基板上的欠陥の形状を第1の解像度より高い第2の解像度で測定し、検出した欠陥の材質を分析し、第2の解像度で測定した基板上的欠陥の位置と形状の情報および分析した欠陥の材質の情報とに基づいて欠陥を修正することを特徴とする欠陥修正方法とした。

【0023】そして、この欠陥修正方法は、欠陥の形状を、基板を照明光で照明して基板で反射した反射光のヘテロダイン干渉に基づいて測定することを特徴とする。

【0024】また、この欠陥修正方法は、欠陥の形状を、基板を照明光で照明して基板を透過した透過光のヘテロダイン干渉に基づいて測定することを特徴とする。

【0025】さらに、この欠陥修正方法は、欠陥の修正を、集束イオンビームを用いて行うことを特徴とする。

【0026】また、この欠陥修正方法は、欠陥の材質の分析を、欠陥の質量分析により行うことを特徴とする。

【0027】また、本発明では、試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、この欠陥検出手段で検出した試料上の欠陥の形状を欠陥検出手段より高い解像度で測定する欠陥形状測定手段と、欠陥形状測定手段からの情報に基づいて欠陥を修正する欠陥修正手段とを備えたことを特徴とする欠陥修正装置とした。

【0028】また、本発明では、試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、この欠陥検出手段で検出した試料上の欠陥の形状を欠陥検出手段より高い解像度で測定する欠陥形状測定手段と、欠陥検出手段からの情報に基づいて欠陥の材質を分析する分析手段と、欠陥形状測定手段と分析手段とからの情報に基づいて欠陥を修正する欠陥修正手段とを備えたことを特徴とする欠陥修正装置とした。

【0029】そして、この欠陥修正装置は、試料が光学的に透明な基板であって、欠陥が基板と同じ光学的に透明な材質であり、欠陥形状測定手段は、試料を照明する照明部と、この照明部の照明による基板からの反射光及び欠陥からの反射光を検出する反射光検出部と、この反射光検出部で検出した反射光に基づいて基板上的の光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする。

【0030】また、この欠陥修正装置は、試料が光学的に透明な基板であって、欠陥が前記基板と同じ光学的に透明な材質であり、欠陥形状検出手段は、ヘテロダイン干渉を用いて光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする。

【0031】また、この欠陥修正装置は、試料が光学的に透明な基板であって、欠陥が基板と同じ光学的に透明な材質であり、欠陥形状検出手段は、基板に照明光を照射して、基板を透過した光と基板で反射した光とを検出して光学的に透明な欠陥の形状を測定することを特徴とする。

【0032】また、この欠陥修正装置は、欠陥修正手段が、集束イオンビームを用いた修正手段であることを特

徴とする。

【0033】さらに、この欠陥修正装置は、分析手段が、質量分析計を備えていることを特徴とする。

【0034】

【発明の実施の形態】図1に本発明の一実施例を示す。直線偏光レーザー発振器13から出力された単一波長の光は、周波数シフト12により互いに直行する偏波面を持ち、かつ光の周波数が微妙に異なる2つの光線に変換される。ここでいう微妙な周波数の差は数十kHzから数十MHzが選ばれることが多いが、本発明の内容がその周波数により変わることはない。一方の光は基準光として、もう一方の光は測定光として試料上に投影される。この場合、周波数シフトから出るどちらの光を基準光とするかは任意である。

【0035】レーザー発振器13の発振波長に関しては、本発明による欠陥位相差量測定の際の空間分解能に大きく影響するため、慎重に選定される。一般的にヘテロダイン干渉方式では、その取り扱い易さや周辺の光学素子の普及度から、He-Neレーザの633nmの波長が選ばれる。しかし、本発明による欠陥位相差量測定装置（または欠陥形状測定装置）では、欠陥の空間的な位相差分布（ここでいう空間分布とは、レチクル等のホトマスクでは基板平面上での位相差分布を意味する）を測定するため、光源波長と検出対物レンズのNAで決まる空間分解能を目的に必要な分解能で確保する観点から選ぶ。

【0036】具体的には、256M～1GDRAM等の素子で代表されるプロセスレベルのLSIに対しては、0.25μm以下の分解能で修正する必要がある。光源波長λと検出対物レンズ光学系の物体側NAと分解能Dの間には、 $D = 0.5\lambda / NA$ という関係がおおよそ成り立つ。これに当てはめると、NA=0.5の光学系を用いた場合のλは250nm以下、NA=0.75光学系を用いた場合のλは375nm以下となる。この範囲の波長で実用的な連続発振を行うレーザ光源としては、Arイオンレーザがある。Arイオンレーザでは351nmや364～351nmにかけて発振波長があるものが市販されている。また、Arイオンレーザと2倍高調波結晶を組み合わせたレーザでは、229nm～264nmにかけていくつかの発振波長が存在するものが市販されている。さらに、Nd:YAGレーザの4倍高調波では266nmの波長が得られる。

【0037】また、0.15μmの分解能を得たい場合に波長250nmの光源を用いると、約0.8のNAが必要となる。

【0038】周波数シフトから射出した光は、ハーフミラー5により参照光15とプローブ光16に分離される。参照光は、そのまま検光子17を経て集光レンズ18で参照光検出器14上で干渉し、干渉ビート波形が電気信号波形に変換される。一方、プローブ光は対物レン

ズ3により試料上に集光される。

【0039】このとき、試料上では図2に示すように、周波数シフト12で分けられた基準光による基準スポット光202と測定スポット光203としてそれぞれ異なるスポット径で集光される。測定スポット光203は光学系の回折限界まで集光されるのが空間分解能を高めるためには望ましい。また、基準スポット光202は基準となる高さを決めるものだから、ある程度十分な大きさを持ったスポット径が必要である。このばあい、基準高さはスポット内に含まれる平面の高さの平均として定められる。このため、スポット内に遮光部分と透過部分とが混在しても構わない。

【0040】また、測定スポット光203は基準スポット光202の中央に配置すると、測定に方向性がなくなり、パターンの方角に関わらず測定が可能になる。これは、自動的、連続的に試料全面を走査するタイプの測定には有利な特徴である。

【0041】もともと同一の光を同一の光学系で集光し、なおかつ異なるサイズのスポットをつくるのが複屈折レンズ4の役割である。複屈折レンズ4は、複屈折結晶の特性である一つの偏波面とそれと直行する偏波面とで屈折率が異なるという特徴を生かして、異なる直交する偏波面の光に対して異なる焦点距離を有するレンズとして動作する。本発明中での図では、説明を明確にするために、一方には有限の焦点距離のレンズとして、もう一方には無限の焦点距離を持つものとして示してある。

【0042】この様に複屈折レンズは特殊な機能を持つため、一般の光学素子ほどは自由度が高くなく、装置構成上設計に制約を受ける場合がある。図11(b)には、図11(a)で示す複屈折レンズ4の機能を一般の光学素子で代用する考案を示してある。入射した光は、その偏波面により偏光ビームスプリッタ1101で分岐され、一方はレンズ1103を経て、一方はそのまま或いは異なる焦点距離のレンズ(図中では省略)を経て、ミラー1102から偏光ビームスプリッタ1104で再び一つのビームに合成される。

【0043】次に試料上で反射した基準光と測定光は、検光子6によりそれぞれ干渉する偏波成分だけが通され、結像レンズ7でピンホール部8のピンホール上に集光され、干渉した出力がプロープ光検出器9にて干渉波形が電気信号波形に変換される。検光子6は上記目的のため、互いに直交する基準光と測定光の偏波面に対し、45度の傾きを持った偏波面の光が通る向きに設置される。これは検光子17についても同様である。

【0044】さて、参照光検出器14の出力302とプロープ光検出器9の出力301は、どちらも周波数シフト12によりシフトされた2つの光のビート信号となり、同一の周波数の正弦波となる。しかし、図3に示すように位相が異なる信号となる。

【0045】この位相差 $\Delta\phi_B$ は、 $\Delta\phi_B = 4\pi nD/\lambda$

となる。ここで n は屈折率、 λ は測定光波長、 D は基準面からの欠陥高さである。 n は図1に示す反射式計測の場合、試料が載置されている雰囲気、一般には空気屈折率($n \approx 1$)となる。また、本計測方式は、レチクル等のホトマスクなどの透明基板に対しては図8に示すごとくプロープ光検出器を照明光源側とは試料をはさんだ反対側に配置し(図8の場合には、試料基板の表面側から照明し、裏面側にプロープ光検出器9を配置している。)、透過光式で計測することもできる。この場合の n は、欠陥の物質の屈折率となる。

【0046】透過光式計測には、遮光部分ではプロープ光が遮られるため、基準光の位相が光透過部分だけで決定されるため、高さの異なる遮光部分の影響を受けずに安定するという利点がある。もともと位相欠陥は、光透過部分だけに存在する欠陥であるから遮光部分のデータを排除することには何の問題もない。

【0047】ここまでの結果は欠陥の微小領域1点だけの高さだが、試料を載置したX-YステージまたはX-Y-Zステージを、X-Y方向に走査することにより欠陥全体の形状(高さと表現してもいいし、基準平面に対する位相差と表現しても良い)を測定することができる。もちろんこの走査は試料を固定し、プロープ光16あるいはプロープ光16を含む光学系全体を走査する方式、またはそれらの組み合わせであっても構わない。さて、これまでは測定スポット光一点のデータを計測することを述べてきたが、本発明では、測定光を図4に示すごとくスリット状の測定スリット光401として試料上に集光し測定しても良い。この場合、スリット全体の出力を検出した場合には、スリット平均の高さを測定することになってしまうが、図5に示すごとくプロープ光検出器をリニアセンサ501とし、試料上の像をリニアセンサ501上に結像することにより、スリット内の高さ情報をリニアセンサの一画素ごとに分解して測定することができる。従って、線状の高さ分布が一度に測定できることになり、欠陥全体の高さ分布を測定するにあたり、走査方向を例えばY方向だけにできる利点を有する。この場合の複屈折レンズはシリンドリカル性のあるものとなる。

【0048】また、測定光を図7に示すごとく大きな、例えば欠陥全体を覆う広視野測定スポット701とし、検出器を2次元エリアセンサとし、試料上に投影された2次元エリアセンサの像702が図7のようにすれば、走査することなく欠陥全体の高さを測定することができる。

【0049】図5ではリニアセンサとしてCCDのような出力が単一のタイプのセンサの適用を想定しているが、本発明のごとくヘテロダイン干渉を利用した検出では、信号の位相差を知るために検出信号を波形としてサンプリングせねばならず、このためには、波形を複数回測定しなければならない。従って、高速にサンプリング

する必要があるが、その速度によっては、CCDのように単一の出力のリニアセンサではなく、図6に示すごとくそれぞれの画素のデータが並列に取り出せる並列出力形リニアセンサ601（例えばフォトダイオードアレイ）を用いても良い。

【0050】このようにヘテロダイン干渉を用いた計測では、精度が高いという特徴を有するが、検出を波形で行う必要がある。必要とする高さ分解能が $\lambda/500 \sim \lambda/1000$ をこえるような場合にはヘテロダイン干渉方式がいいが、分解能が $\lambda/100 \sim \lambda/500$ 以下でいい場合にはヘテロダイン干渉を用いなくても対応できる。（位相シフトレチクルの欠陥修正精度には ± 3 度 ~ 5 度の精度が必要であるが、これは上記ヘテロダインを用いないぎりぎりの精度である。）図32にはヘテロダイン干渉を用いない構成を示す。図1から周波数シフトと参照光検出に関する部分を除いたより簡単な構成となっている。この場合の検出信号は明暗のレベルとして検出され、基準平面と同じ高さでは明の出力が、基準平面と180度の位相差のある高さでは暗の出力が得られる。それ以上の場合にはその繰返しとなり、出力と高さの関係は1対1とはならなくなる。位相シフトレチクルに発生する位相差欠陥は、位相シフトの厚みとその最大と考えられる。なぜなら、正常な位相シフトを形成する際に正常にエッチングされなかったエッチング残りが位相差欠陥の大部分を占めるからである。

【0051】正常な位相シフトの厚みは、透過光に $\lambda/2$ の位相差を与える厚みであるので、位相差欠陥の高さも、透過光方式で測定した場合には $\lambda/2$ をこえることがないと考えて構わない。この厚み d は、位相シフトの屈折率を n 、空気屈折率を1、露光波長を λ とすると、 $d = \lambda/2(n-1)$ で与えられる。この位相シフトの高さを反射式で測定すると、その光路差は $2d$ となり、 $2d = \lambda/(n-1)$ となる。 n は1.5近辺の値であるので、1.5とすると、光路差は $2d = 2\lambda$ となる。すなわち、反射式では透過式の1/4の厚みまでしか特別な工夫なしに測定できないことになる。

【0052】従って、測定レンジから考えると透過式の測定の方が有利である。ただし、欠陥の寸法が微小であることを考えると、正常な位相シフト程度の厚みがあるとは考えにくく、反射式で対応することも可能だと考えられる。逆に、反射式で計測した場合には、透過式よりも4倍の感度（分解能）で計測することができることもできる。この点は、分解能と測定レンジの兼ね合いから判断すべきで、その両方を望む場合には両者の計測方法を組み合わせれば良い。

【0053】透過光式の構成上の難しさは、基板裏面側に配置される対物レンズ（例えば図8中のレンズ803）にある。このレンズは、基板裏面から基板表面に焦点を合わせなければならないため、基板の厚みだけ焦点位置が遠くなり、大きな作動距離が必要となる。このた

め基板の厚みを考慮したレンズの設計が必要となり、また、高解像なレンズを得ることが難しくなる。

【0054】図15に示すように、基板の表面側に高NAの、従って高解像なレンズ1501を配置し、裏面側に低NAの、従って設計の容易な、あるいは基板を光が透過することの影響の少ないレンズ1502を配置することによりこの問題を回避できる。具体的には、図8のように表面側から照明を行う構成では、表面側の対物レンズ3を高解像にでき、微小な測定スポットを試料上に形成できれば検出側はそのスポットからの光を集めるだけの解像度のレンズでよく、必ずしも高解像である必要はない。しかし、検出器をリニアセンサやエリアセンサにした場合には、センサの各画素に対して正確に試料上の像を結像する必要がある。この場合はセンサ側に高解像な対物レンズが必要となる。一方、測定光のスポットは大きくなるため、照明側のレンズは低解像で良くなる。

【0055】そこで、図14に示すように裏面側から照明する構成が望ましい。図14ではリニアセンサとしてCCDを想定している。このため、検出信号を波形として時間軸で検出するために波形メモリ1401を加えてある。

【0056】いずれの場合でも、レチクル等のホトマスクなどに適用した場合には、その厚みが複数のものが同時に使われており（例えば2.3 μm 、6.3 μm 、9.0 μm ）、このことがレンズの設計を難しくする。複数の厚みの基板越しに焦点を解像よく結ぶように設計することはできないからである。そこで、もっとも厚い基板（例えば9.0 μm ）に合わせてレンズを設計し、その他の厚みの基板を計測するときには対物レンズ1403と基板との間に光路差補正板121を挿入して使用するようにする。

【0057】図12に示す光路長補正板121は、基板と光路長補正板のそれぞれの光路長が、各基板厚みで等しくなるように材質と厚みが選ばれる。例えば、試料基板と同一（例えば合成石英）か或いは屈折率が同一の基板であり、その厚みはもっとも厚い基板（例えば9.0 μm ）とその他の基板（例えば2.3 μm 、6.3 μm ）との差（従って6.7 μm と2.7 μm ）を厚みとする。このとき、9.0 μm 厚の基板を測定するときには光路長補正板を除き、6.3 μm 厚の基板を測定するときには2.7 μm の補正板を挿入し、2.3 μm 厚の基板を計測するときには6.7 μm の光路長補正板を挿入する。

【0058】もっとも、図13のごとく各厚みの基板にそれぞれ対応させて設計した対物レンズ1301、1302、1303を基板の厚みにあわせて交換するようにしても構わない。

【0059】また、図16には、基板厚みの影響をまったく受けないレンズとしてアキシコンレンズ1601を用いた例を示した。これはレンズの1602部分と16

03部分から出た光が干渉縞を空間中に形成することにより、回折限界まで絞られたビームを長い距離に渡って形成するレンズである。

【0060】この、基板厚の違いから発生する問題点は、なにも欠陥の高さ計測に限った問題ではなく、例えば、レチクル等のホトマスクの回路パターン形状を検査する場合にも共通する。従って、これらの考案は、広く透明基板上の像を透過した光で結像、あるいはその光を集光する技術全般に共通な考案である。

【0061】次に、試料上における基準光と測定光との位置・形状の関係のバリエーションを示す。

【0062】図2、図4、図7に示した関係では方向性がない検出が可能となるが、異なるスポット形状を実現するために、複屈折レンズ等の特殊な光学系が必要になる。欠陥の形状測定作業にある程度の人間の介入を許すか、画像処理技術により、測定欠陥ごとに回路パターンの方向性を認識して基準・測定のスポットを配置するのなら、方向性のあるスポットの配置も可能となる。

【0063】図17にはどちらも同じスポット径になった基準光スポット22と測定光スポット23を示す。二つのスポットは互いに離れた位置で、基準スポットは基準面あるいは欠陥のない正常な部分に、測定スポットは欠陥部分に投影され、それぞれ投影された位置の高さ情報を持つ。この場合、基準スポットが微小な点なため、安定性が悪くなり、また測定の方向性も出てくるが、このように同一のスポットにすると複屈折レンズ等の特殊な光学系が不要になる。このような微小スポットを作るためには図18に示すような複屈折性のプリズム1801を用いるのが一般的である。

【0064】図19では検出器としてリニアセンサを用いる場合の照明形状をしめす。基準スリット光1901も測定スリット光1902もどちらも同じスリット状である。測定が高速化されるメリット以外に、基準スリット光がスポット光の場合よりも広い範囲の平均値を基準面としてとるため、測定が安定化する。

【0065】安定化という観点からは、スリット光よりも図20に示すような基準エリア光2001のような方が良くなる。もちろん、安定性という点では、図21のように測定側が測定スポット光2101であっても同様である。ただし、いずれの場合でも、基準光と測定光が異なるビーム径状のため、複屈折レンズ等の工夫が必要となる。

【0066】図22では安定性と簡便なスポットの形成を考えて、基準エリア光2001と測定エリア光2201の組み合わせを示した。この場合は、検出器にはリニアセンサかエリアセンサを使うのが望ましい。

【0067】図23ではより安定な検出のため、さらに大きな基準エリア光2301と測定エリア光2302にしたが、回路パターンの遮光部分にまで照明があたり、正確な測定には好ましくない。これに対しては、図24

に示すように、視野絞りによりビーム形状を遮光部分にまであたらないようにするか、裏面側からの透過照明で検出すればいい。

【0068】次に、以上の欠陥形状測定技術を用いて欠陥を修正する手順について説明する。図9に示すように、まず欠陥検査装置または異物検査装置901により欠陥を検出する。その検出結果（例えば座標データ、ステージ座標であわせる）903をもって欠陥形状測定装置902にて欠陥の形状を測定する。ここで欠陥の検出と形状の測定とを別な装置に分けたのは主としてそれぞれの装置の性格の違いによる。欠陥検査装置または異物検査装置には、欠陥の存在を検出できるだけのなだけ低い解像度で、より高速に検査することが求められている。一方、欠陥形状測定装置の方には、欠陥修正作業に必要な形状データをより高い解像度で測定することが求められているからである。もちろん、両方の仕様を満足することができるのなら、一つの装置に両方の機能を持たせることに問題はない。

【0069】さて、得られた欠陥形状データ904は欠陥修正装置905へ送られ、修正を行う。この時点での形状データは、非常に高い分解能で測定されたデータであるため、ステージ座標であわせただけでは形状が再現できない。そこで位置合わせが必要になる。しかし、修正装置905として想定されるFIB装置では、材質の差を可視化するため、正常部分と欠陥部分とが同一の材質でできていた場合には欠陥の可視化ができなくなる。そこで、両者の装置の位置合わせのためにアライメントマークを設ける。

【0070】図9において、欠陥検査装置または異物検査装置901からの欠陥の検出座標等のデータ903、および欠陥形状測定装置902からの欠陥形状データ904は、それぞれ直接次の装置、すなわち欠陥形状測定装置902および欠陥修正装置905へ転送されるようになっているが、通信回線を通して、図示しないサーバを一旦介してからそれぞれ欠陥形状測定装置902および欠陥修正装置905へ転送されるか、サーバで加工されたデータをそれぞれ欠陥形状測定装置902および欠陥修正装置905へ送るようにしてもよい。

【0071】図10に位相シフトレチクル等のホトマスクにおける具体的な欠陥位置決めマーク（アライメントマーク）1001の例を示す。図10では、遮光部分上へ露光転写に対して影響ない極微細（例えば0.1 μ m）の穴を2〜3カ所開け、遮光部分の材料（金属薄膜）に対して異なる材料（合成石英）をむき出させた。この穴は光による解像度以下の寸法のため、露光の際に転写することはないが、FIBは解像度が光より高くすることができるため、観察することができる。穴を開けるのは極微細なスポットに絞ったレーザで、金属薄膜を蒸発させることにより行う。また、FIB等の荷電粒子ビーム装置で行っても良い。

【0072】または、レーザCVDやFIBにより遮光部分上に金属薄膜とは異なる材質のものを堆積させるのでも良い。転写の可能性がまったくないので、この方がより大きなアライメントマーク（例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上）を作ることができる。

【0073】図31には、レーザ加工によるアライメントマークの加工方法を説明する。図中、1は被修正試料、3140はガス供給系であり、3141はガスの供給源、3142、3144はバルブ、3143はガス流量制御部、3145はガスを試料表面に供給するノズル、3146は供給されるガスである。3102は真空チャンバ、3103は真空チャンバ3102を真空にするための真空排気ポート、3101はレーザ源、3104はレーザビームを集光させるレンズ、3105は試料を載置してX-Y方向に移動可能なステージ、3106はレーザビーム。また、3107はレーザビームの方向を変えるためのミラー。そして3108はチャンバ内にレーザビームを導入するための窓である。

【0074】レーザ加工もいくつかの種類がある。第1には、レーザによる除去加工である。レーザビームを照射した位置の材料が除去することで加工が行われる。この場合はガス供給系3140は不要である。第2は、レーザCVD加工である。この場合、供給するガスはMo(CO)6、W(CO)6、あるいはPt(CO)6、Au(CO)6、TEOS等を、材料ガスとして用い、レーザビームを照射した位置でCVDを行い、材料を堆積することで、凸形状のアライメントマークを形成する。

【0075】アライメントマークを形成する位置は、ステージの位置を制御することで可能になる。また加工されたアライメントマークの大きさは、加工時間、あるいはガス流量で制御することが可能である。また、加工中にステージを移動させることで、アライメントマークの平面形状を制御することも可能である。

【0076】次に修正装置の機能について説明する。図28には、FIB(Focused Ion Beam:集束イオンビーム)あるいはEB(Electron Beam:電子ビーム)等荷電粒子ビームを用いた加工方法を説明する。図中、1は表面に欠陥がある基板試料。2830はガス供給系であり、欠陥が、正常部分と比べて凹んでいる場合に堆積させて正常部分と高さをそろえる類いの修正時に使用される。2831はガスの供給源、2832、2834はバルブ、2833はガス流量制御手段、2835はガスを試料表面に供給するノズル、2836は供給されるガスである。2811は真空チャンバ、2812は真空チャンバ2801を真空にするための真空排気ポート、2813は荷電粒子ビーム源、2814は荷電粒子ビームを集束させる静電レンズ、2815は試料を載置してX-Y方向に移動可能なステージ。そして2816は荷電粒子ビームである。

【0077】これにアライメントマーク検出ユニット2801、欠陥座標位置決めユニット2802、荷電粒子

ビーム制御ユニット2803が構成されている。

【0078】荷電粒子ビームを用いた加工にはいくつかの種類がある。第1には、荷電粒子ビームによるスパッタ加工である。この場合はスパッタにより表面材料を除去することで加工を行い、凹形状の模擬欠陥、あるいは一部を残して周りを除去することにより凸形状の模擬欠陥を形成する。なお、この場合ガス供給系2830は不要である。

【0079】第2には荷電粒子ビームによるガスアシストエッチングである。この場合は供給するガスに塩素ガス(Cl2)、2弗化キセノン(XeF2)、沃素ガス(I2)、臭素ガス(Br2)、あるいは水蒸気(H2O)等をアシストガスとして用い、ガスアシストエッチングにより、表面の材料を除去することで加工を行い、凹形状の模擬欠陥、あるいは一部を残して周りを除去することにより凸形状の模擬欠陥を形成する。

【0080】第3は荷電粒子ビームを用いたCVDである。この場合は供給するガスに、ヒレンガス、W(CO)6、あるいはTEOS+O2の混合ガス、またはTEOS+O3の混合ガス等を、材料ガスとして用い、荷電粒子ビームを照射した位置でCVDを行い、材料を堆積することで、凸形状の模擬欠陥を形成する。模擬欠陥を形成する位置は、ステージの位置を制御することで可能になる。また加工された模擬欠陥の大きさは、加工時間、あるいはガス流量で制御することが可能である。また、加工中にステージを移動させることで、模擬欠陥の平面形状を制御することも可能である。

【0081】図25には図9で示した工程に欠陥を構成する材質の分析装置を付加したもので、欠陥検出のあとで、検出された欠陥の分析を行う。FIBによる余剰欠陥の除去修正では、その修正量を d （ミクロン）、荷電粒子ビームの電荷量（ビーム電流と加工時間の積）を C （クーロン）、加工面積 S （平方ミクロン）、欠陥を構成する物質から求めらる加工速度係数を α （立方ミクロン/クーロン）として、概略、 $d = \alpha \cdot C / S$ で表される。例えば、SiO2における α は0.25である。この値は、欠陥の材質により異なるので、種々の材質の欠陥に対応しようとする、欠陥材質の分析が必要となる。

【0082】欠陥を分析し、あらかじめ用意された物質と加工速度計数のテーブルから加工条件を決定する。この分析結果は、修正のみならず、発生した欠陥の材質によって工程にフィードバックすることにより、さらなる欠陥の発生を防ぐ役割もある。このフィードバックには、例えばレジスト残りならレジスト塗布機の清掃、洗浄剤残りなら洗浄薬液の交換などがある。

【0083】また、この分析は、図26に示すように、欠陥の形状測定のことに行っても良い。

【0084】また、分析には、質量分析計などが用いられるが、SIMS（2次電子質量分析計）技術を用いれ

ば、プローブビームをFIBとすることができ、図27に示すごとく、分析装置と修正装置を兼ねる装置を構成することができる。このとき用いられるSIMSには、飛行時間型質量分析器や磁場質量分析器や四重極質量分析器などが用いられる。

【0085】

【発明の効果】本発明によれば、位相シフトレチクル等に発生した欠陥を、高分解の光学測定装置で立体形状分布を測定し、分析し、その材質と形状に合わせた高精度な欠陥修正を行うものであり、従来技術では、修正することが困難だった不定形状の欠陥を正確に修正することが可能となる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る欠陥形状測定装置の一実施例を示す全体概略構成を示す正面の略断面図である。

【図2】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図3】本発明に係る検出信号の波形を示す図である。

【図4】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図5】本発明の一実施例による検出器部分を示す正面の概略断面図である。

【図6】本発明の一実施例による検出器部分を示す正面の概略断面図である。

【図7】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図8】本発明に係る欠陥形状測定装置の他の一実施例を示す全体概略構成を示す正面の略断面図である。

【図9】本発明に係る修正工程の一実施例の状況を示すブロック図である。

【図10】本発明に係る位置決めマークの状況を示す基板の平面図である。

【図11】本発明に係る光学系の一要素部分を示す側面の概略断面図である。

【図12】本発明に係る光学系の一要素部分を示す正面の概略断面図である。

【図13】本発明に係る光学系の一要素部分を示す正面の概略断面図である。

【図14】本発明に係る欠陥形状測定装置の他の一実施例を示す全体の概略構成を示す正面の断面図である。

【図15】本発明に係る光学系の一要素部分を示す正面の概略断面図である。

【図16】本発明に係る光学系の一要素部分を示す正面の概略断面図である。

【図17】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図18】本発明に係る光学系の一要素部分を示す正面の概略断面図である。

【図19】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図20】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図21】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図22】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図23】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図24】本発明に係る検出のための照明光の状況を示す基板の平面図である。

【図25】本発明に係る修正工程の一実施例の状況を示すブロック図である。

【図26】本発明に係る修正工程の一実施例の状況を示すブロック図である。

【図27】本発明に係る修正工程の一実施例の状況を示すブロック図である。

【図28】本発明に係る修正装置の一実施例の概略構成を示す正面の断面図である。

【図29】本発明に係る修正装置の一実施例の概略構成を示す正面の断面図である。

【図30】本発明に係る修正工程の一実施例の状況を示すブロック図である。

【図31】本発明に係る修正装置の一実施例の概略構成を示す正面の断面図である。

【図32】本発明に係る欠陥形状測定装置の一実施例の概略構成を示す正面の断面図である。

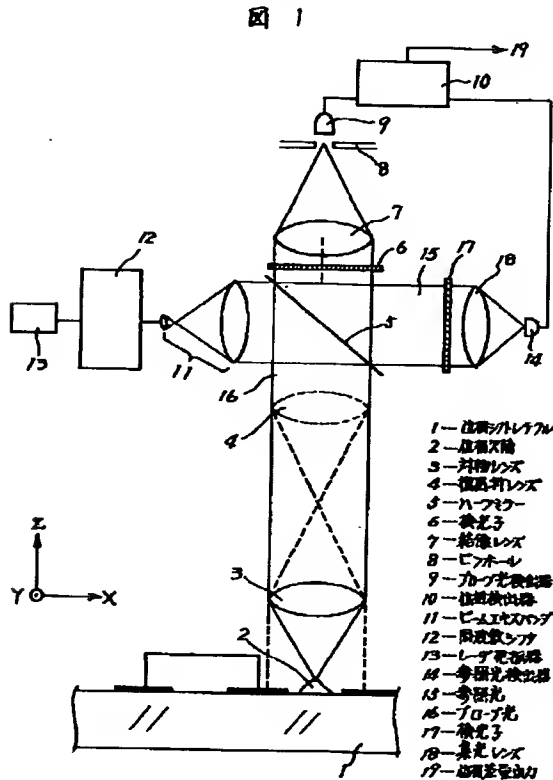
【符号の説明】

1…位相シフトレチクル、2…位相欠陥、3…対物レンズ、4…複屈折レンズ光学系、5…ハーフミラー、6…検光子、7…結像レンズ、8…ピンホール、9…測定光用検出器、10…位相差検出ユニット、11…ビームエキスパンダ、12…周波数シフタ、13…レーザ発振器、14…参照光用検出器、15…参照光、16…プローブ光、17…検光子、18…集光レンズ、19…位相差量出力、201…回路パターン、202…参照スポット光、203…測定スポット光、301…測定光用検出器出力、302…参照光用検出器出力、401…測定スリット光、501…リニアセンサ、601…並列出力形リニアセンサ、701…広視野測定スポット、702…試料上に投影された2次元エリアセンサの像、803…基板裏面側対物レンズ、901…欠陥検査装置または異物検査装置、902…欠陥形状測定装置、903…欠陥の検出座標等のデータ、904…欠陥形状データ、905…欠陥修正装置、1001…欠陥位置決めマーク、1101…偏光ビームスプリッタ、1102…ミラー、1103…レンズ、1104…偏光ビームスプリッタ、1301…4.6mm厚基板用レンズ、1302…6.3mm厚基板用レンズ、1303…9.0mm厚基板用レンズ、1401…波形メモリ、1501…高NA照明レンズ、1502…低NA検出レンズ、1503…微小照明スポッ

19

ト、1601…アキシコンレンズ、1801…複屈折プリズム、1901…参照スリット光、1902…測定スリット光、2001…参照エリア光、2101…測定スポット光、2201…測定エリア光、2301…参照エリア光、2302…測定エリア光、2401…参照エリア光、2402…測定エリア光、2501…欠陥材質分析装置、2701…欠陥材質分析機能付き欠陥修正装置

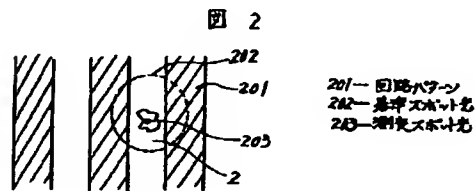
【図1】



20

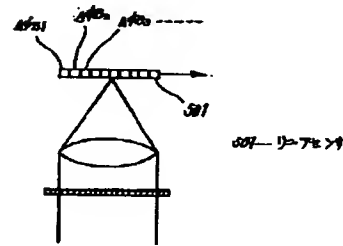
置、2801…アライメントマーク検出ユニット、2802…欠陥座標位置決めユニット、2803…イオンビーム制御ユニット、2901…SIMS、2902…イオンビーム制御パラメータ演算ユニット、3001…欠陥検出機能付き欠陥形状測定装置、3101…レーザビーム制御ユニット。

【図2】



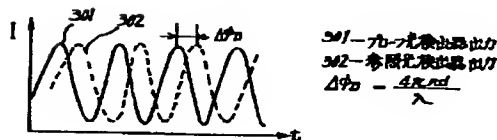
【図5】

図 5



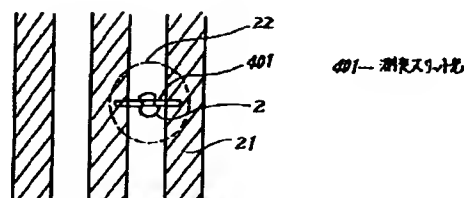
【図3】

図 3

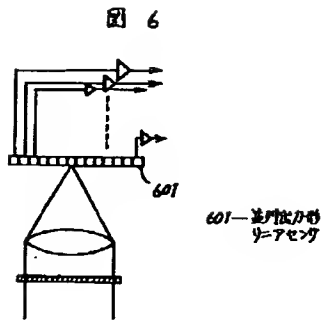


【図4】

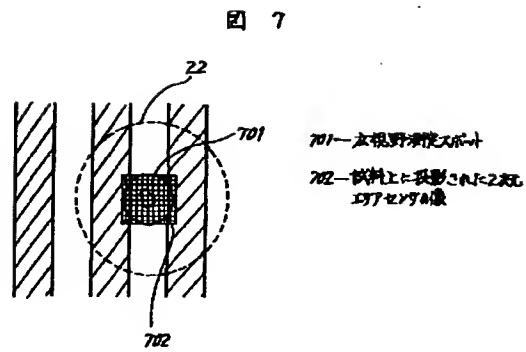
図 4



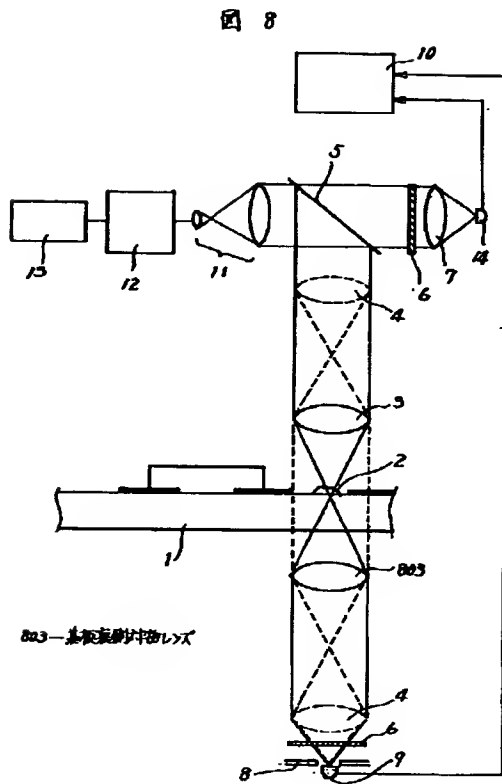
【図6】



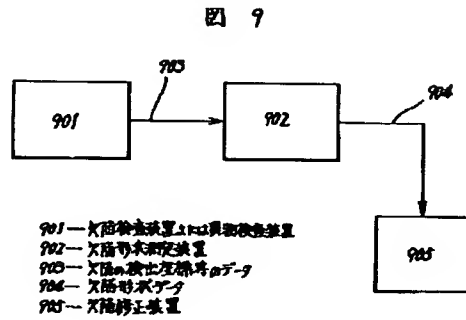
【図7】



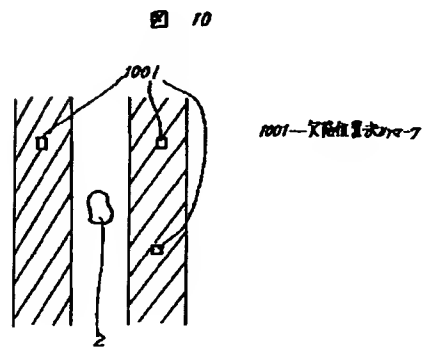
【図8】



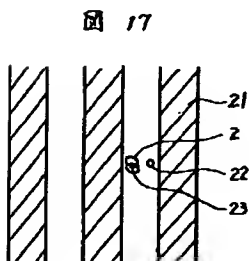
【図9】



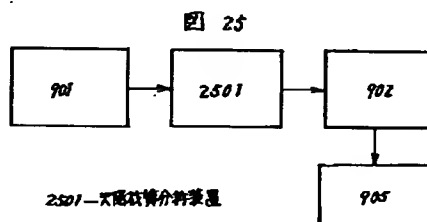
【図10】



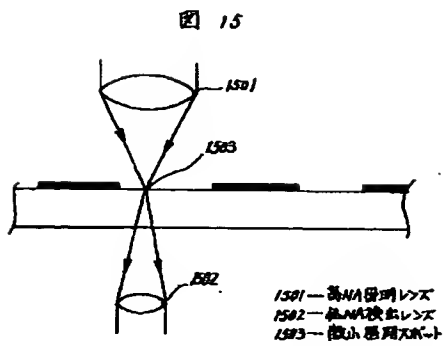
【図17】



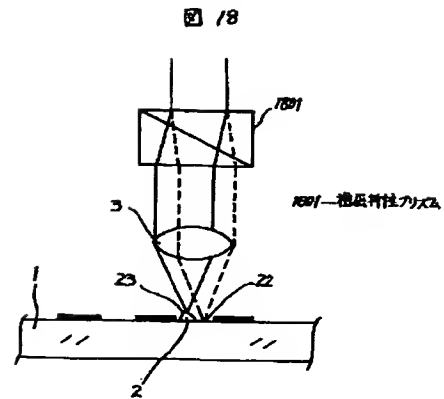
【図25】



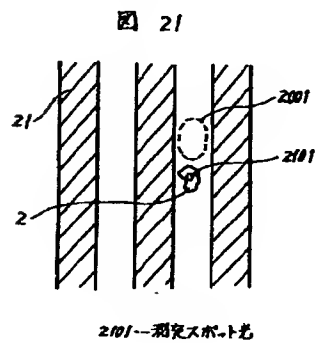
【図15】



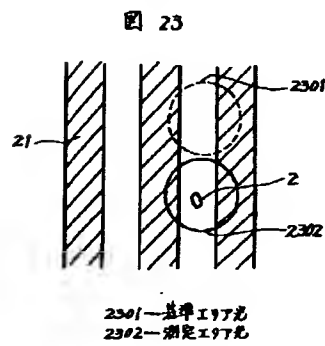
【図18】



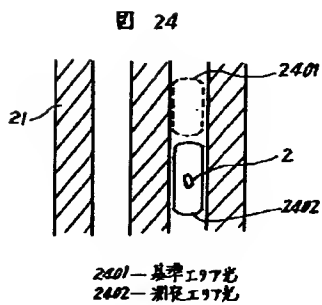
【図21】



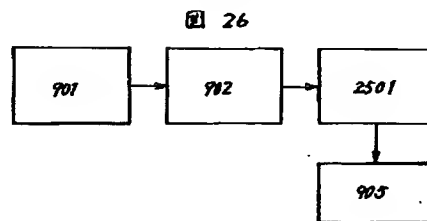
【図23】



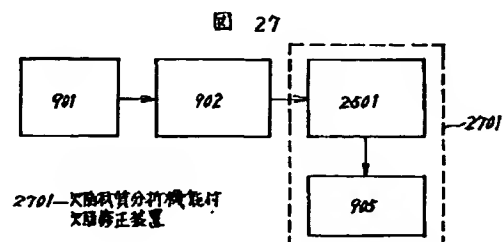
【図24】



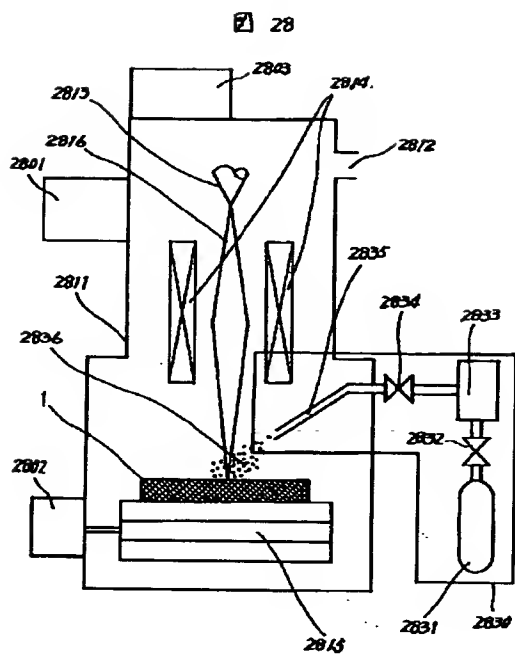
【図26】



【図27】

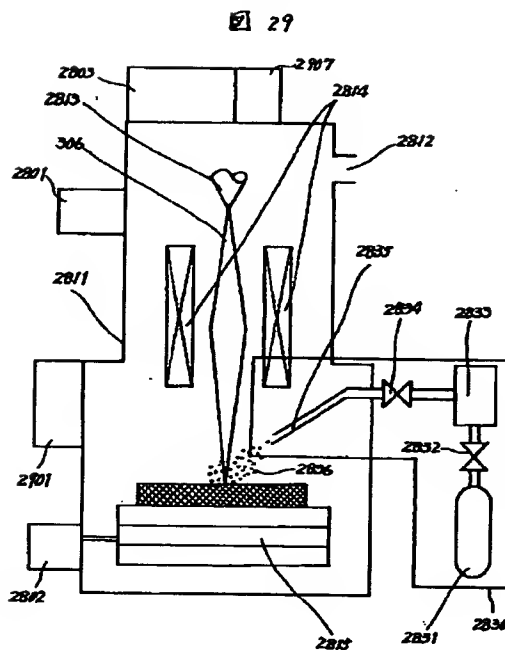


【図28】



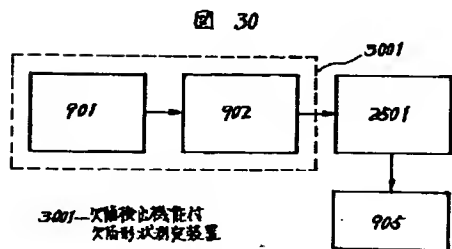
2801—アライメント装置ユニット
2802—大気圧検出装置ユニット
2803—高真空検出装置ユニット

【図29】

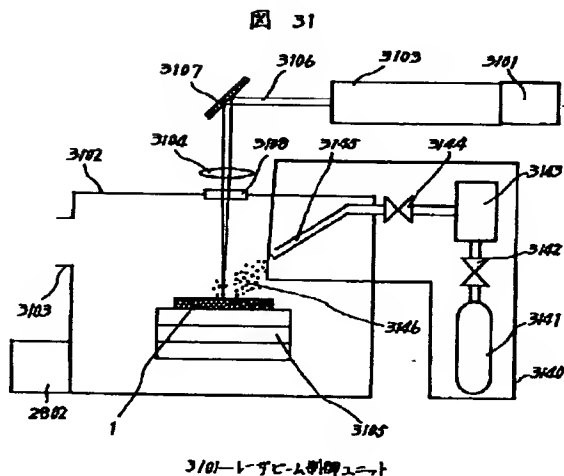


2901—SIMS
2902—高電圧検出装置ユニット

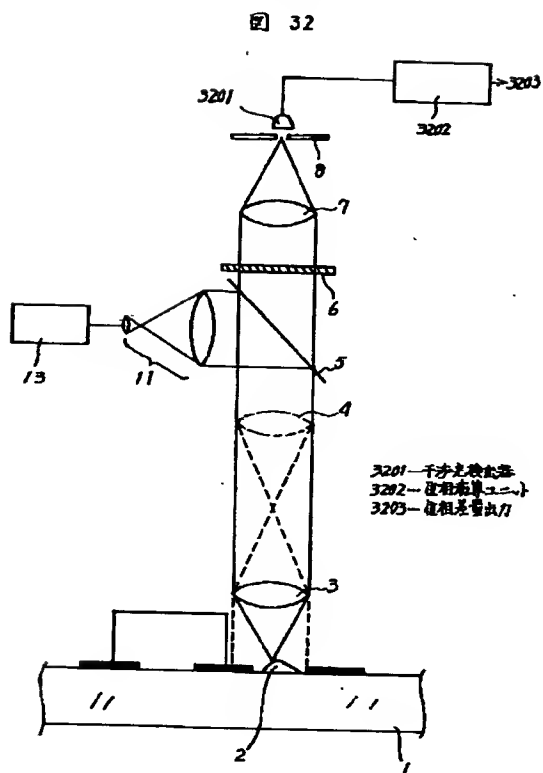
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

G 0 1 N 21/88

H 0 1 L 21/66

識別記号

F I

G 0 1 N 21/88

H 0 1 L 21/66

D

E

J

(72)発明者 東 淳三

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内